



KUMIN KIERRÄTYS TEKNIKUM OY:SSÄ

Katri Aaltonen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2012
Paperi-, tekstiili- ja kemian-
tekniikka
Kemiantekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikka
Kemiantekniikka

KATRI AALTONEN
Kumin kierrätys Teknikum Oy:ssä

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Joulukuu 2012

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää eri kierrätysmahdollisuuksia Teknikum Oy:ssä syntyvälle kumijätteelle. Alun perin työn tarkoituksena oli selvittää, onko yrityksen jätekumia mahdollista käyttää Valkeakoskella sijaitsevan Peatec Oy:n pyrolyysireaktorin raaka-aineena. Työn edetessä otettiin tarkastelun alle myös muita yrityksessä käynnissä olevia projekteja perustuen kierrätyskumin käyttöön raaka-aineena. Työssä esitellään Kuusakoski Oy:n valmistama kumipuru materiaalina, sekä uuden yhteistyön kautta testattavaksi saadun regeneraatin alustava testaus laboratoriossa.

Pyrolyysissä poltettava kumi syötetään polttokattilaan ja kuumennetaan hapettomissa oloissa noin 200 - 500 asteeseen. Reaktiossa kumi kaasuuntuu, jolloin siitä saadaan talteen sen valmistuksessa käytetty öljy sekä hiili. Muodostunut öljy ja noki kerätään säiliöihin myöhempää pakkausta varten. Kuivatislauksen reaktio on hyvin täydellinen, eikä kattilaan jää muuta kuin kumista irronnut metallijäte. Yksinkertaisuutensa ansiosta pyrolyysillä on mahdollista hävittää vaativampaakin jätettä, kuten Teknikum Oy:n kumijäte.

Kuusakoski Oy:n valmistamaa kumipurua sekoitetaan polyuretaanin ja massaa kuumennetaan suljetussa muotissa, jolloin niistä muodostuu yhdessä kiinteä kappale. Kumipuru on edullista verrattuna tuoreeseen kumiin, mutta sen käsittelyyn vaadittavat lisäyövaiheet nostavat hintaa lähes tavallisen tuotteen tasolle. Devulkanoidulle kumille tehdyt testit osoittavat, että sitä on mahdollista sekoittaa kumimassaan mekaanisten ominaisuuksien merkittävästi heikentymättä. Tulevaisuudessa kierrätyskumin käytön oletetaan lisääntyvän raaka-aineiden hinnannousun sekä kiristyvien ympäristömääräysten vuoksi.

Asiasanat: kierrätys, jätekumi, pyrolyysi, kumipuru, devulkanoitu kumi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Paper,- textile and chemical technic
Chemical Engineering

KATRI AALTONEN
Rubber Recycle in Teknikum Oy

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 0 pages
December 2012

The purpose of this thesis was to find new possibilities to recycle rubber waste produced by Teknikum Oy. Initially the idea was to investigate if rubber waste was possible to use as raw material in Peatec Oy's pyrolysis reactors. During the process also other recycled rubber projects in Teknikum Oy were included in this thesis. As an example a co-operation project with Kuusakoski Oy concerning testing of recycled polymeric materials produced in the same company

In pyrolysis the rubber waste is fed into the reactor and is heated up to 200 - 500 °C in oxygen-free circumstances. In reactor the waste rubber gasifies and oil and carbon black used in rubber manufacture, is possible to recover. Formed gas is further purified by distillation and the light gas fraction is used, after purification in cyclones, as a fuel in the process. Oil and carbon black are collected into containers for further packing. Finally only the metal components of waste rubber products are left in the reactor. In pyrolysis reactors is possible to handle also other materials like plastics.

Grinded rubber powder produced by Kuusakoski Oy, is mixed with polyurethane and then heated in closed mold to form solid product. Items manufactured from grinded rubber are anyhow brittle and their mechanical properties are much lower compared to conventional products. Also the abrasion resistance of recycled materials is quite poor and therefore suitable products are not yet developed. The price of recycled material is quite cheap, but extra operations needed in manufacture, makes the price almost equal to conventional rubbers. Small samples of devulcanized rubber are tested in Teknikum Oy's laboratory for example with De Mattia and other testing methods. Test results at the moment are promising, but use of recycled materials in standard products is still in the future.

Key Words: recycling, pyrolysis, grinded rubber powder, devulcanized rubber

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YLEISTÄ	7
2.1	Yritys	7
2.2	Teoriaa	7
2.2.1	Kumin vulkanoituminen	7
2.2.2	Kumin raaka-aineet	8
2.2.3	Kumijäte energialähteenä.....	9
2.3	Ympäristö ja lainsäädäntö.....	11
2.3.1	Ympäristölupapäätös.....	11
2.3.2	Jätelaki.....	13
3	KUMIN KIIERRÄTYS TEKNIKUM OY:SSÄ	15
3.1	Vulkanoidun kumin energiajäte.....	15
3.1.1	Jätteen käsittely ja kuljetus.....	15
3.1.2	Kustannukset	17
4	VAIHTOEHTOJA KUMIN KIIERRÄTYKSEEN	19
4.1	Peatec Oy ja pyrolyysireaktori.....	19
4.1.1	Pyrolyysin teoriaa.....	20
4.1.2	Teknikum Oy:n vulkanoidun kumin energiajäte prosessin raaka- aineena	21
4.2	Nowaste Oy.....	22
4.3	Devulkanoidun kumin käyttö raaka-aineena.....	23
4.3.1	Mittauksia ja tulosten vertailua	26
4.4	Kumipuru.....	31
5	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	39

ERITYISSANASTO

DeMattia	Standardoitu laite materiaalien rasituskokeita varten
Devulkanoitu kumi	Kertaalleen käytettyä, uudelleen vulkanoitua kumia
Polyadditio	Kemiallinen reaktio jossa muodostuu pitkiä molekyyliketjuja
Purse	Muotissa valmistettuun kumituotteeseen ruiskutuskanavasta jäävä poistettava osa
Pyrolyysi	Kuivatislaus, materiaalin kuumentaminen hapettomassa tilassa
Regeneraatti	Käytettyä kumia, jonka rikkisillat on katkottu kemiallisesti
Sykloni	Keskipakoisvoimaan perustuva fluidien puhdistuslaite
Vulkanoitu kumi	Lämmön avulla käsiteltyä kumia, jonka molekyylit on rikkisilloitettu kemiallisin sidoksin

1 JOHDANTO

Kumin kierrätyksen haasteena ovat kierrätettävän aineksen sisältämät epäpuhtaudet, prosessien korkea energian kulutus sekä kierrätetyn kumin uudelleen käyttömahdollisuudet. Teknikum Oy:n kumijäte sisältää erilaisia metalliosia, keraamisia vahvikkeita, sekä teräs- ja nylon vahvikelankoja. Nämä materiaalit aiheuttavat sen, etteivät perinteiset, esimerkiksi rengaskierrätykseen suunnitellut laitteet sovellu yrityksen kumijätteen käsittelyyn. Pyrolyysiin suunniteltu polttokattila on rakenteeltaan yksinkertaisempi, eikä vaadi poltettavalta materiaalilta paljon. Toisaalta samalla saadaan uudelleen käyttöön kumin valmistuksessa käytetyt raaka-aineet ja prosessin hiilijalanjälki on negatiivinen.

Kierrätetyn kumin käyttö uusien tuotteiden raaka-aineena lisääntyy tulevaisuudessa, jonka vuoksi se kannattaa ottaa huomioon yrityksen tuotekehityksessä. Kierrätyskumin käytöllä on mahdollista saavuttaa myös taloudellista hyötyä, varsinkin kun otetaan huomioon kumiraaka-aineen tasainen hinnannousu, jonka ennustetaan kiihtyvän tulevaisuudessa. Kierrätyskumia käyttämällä yritys edistää kestävästä kehitystä ja vaalii vihreitä arvoja. Ekologisen tuotantohistorian tuotteet voi nähdä tulevaisuuden kilpailutekijänä, kun kuluttajien ja asiakkaiden tietoisuus kierrätyksestä lisääntyy ja kierrätetystä materiaalista valmistetusta tuotteesta ollaan valmiita maksamaan.

2 YLEISTÄ

2.1 Yritys

Teknikum Oy on vuonna 1989 perustetun polymeeriteknologia-alan konsernin, Teknikum-Yhtiöt Oy:n tytäryhtiö. Yritys valmistaa kumi- ja muovituotteita teollisuuden eri tarpeisiin. Yrityksen tuotanto muodostuu muottituote- ja letkuosastoista, jotka valmistavat mm tärinäneristimiä, tiivisteitä, suojanaamareita sekä erilaisia letkuja. Teknikum Oy:n toiminta pohjautuu pitkään kokemukseen kumituotteiden valmistajana, perustuen sen historiaan osana alkuperäistä Nokian kumiteollisuutta. Sastamalan yksikön lisäksi yrityksellä on tehdas Kiikassa, Keravalla, Venäjällä ja Kiinassa. Tällä hetkellä yritys on Suomen johtava konserni omalla alallaan. (Palo-oja, Wilberg 1998, 177.)

Tässä työssä keskitytään Teknikum Oy:n Sastamalan tehtaan toimintaan ja sen tuotannossa syntyvän vulkanoidun kumin energiajätteen käsittelyyn. Työssä käsitellään myös ulkopuolelta tulevan kierrätyskumin käyttöä yrityksessä tuotekehityksen tasolla. Sastamalan tehdas työllistää noin 200 henkilöä ja kuluttaa erilaisia kumilaatuja noin 2,5 miljoonaa kiloa vuodessa. Käytetyt kumiseokset valmistetaan yrityksen Savion tehtaalla Teknikum- Sekoitukset Oy:ssä. (Palo-oja, Wilberg, 1998, 177.)

2.2 Teoriaa

2.2.1 Kumin vulkanoituminen

Kumi raaka-aineena ilman vulkanointia on käyttökelvotonta sen tahmeuden ja venyvyyden vuoksi. Toisaalta kylmänä vulkanoimaton kumi on kovaa ja haurasta. Nämä ominaisuudet johtuvat pitkien molekyyliketjujen mahdollisuudesta liukua toistensa ohitse vulkanoimattomassa aineessa, jolloin kumin venyessä se ei enää palaudu alkuperäiseen tilaansa. Vulkanointi perustuu rikin lisäämiseen kumimassaan, jolloin tapahtuu polyadditio, jossa rikkimolekyylit muodostavat polymeeriketjujen välille rikkisilloja. Reaktio käynnistyy sopivan lämmön ja paineen vaikutuksesta ja antaa kumille sen käsittelyyn vaadittavat ominaisuudet. (Suomen kumitekninen yhdistys ry 1989, 6-7).

Kumin vulkanointi tapahtuu tuotteesta ja sen valmistusmenetelmästä riippuen autoklaaveissa, lämmitetyssä muotissa paistamalla tai tuotteen valmistuksen aikana esimerkiksi kumiaihiön kulkiessa ekstruuderiin. Autoklaaviin ajetaan valmiiksi muotoiltu tuote, kun taas muottiin ruiskutetaan pumpun avulla pehmenettyä kumimassaa, jossa se saa lopullisen tuotteen muodon vulkanoituessaan muotin lämmössä. Yleinen kumin vulkanoitumislämpötila on 150 - 200°C, mutta tässä voi olla suurtakin vaihtelua kumin laadusta ja työmenetelmästä riippuen. (Suomen kumitekninen yhdistys ry 1989, 6-7.)

2.2.2 Kumin raaka-aineet

Kumijätteen kierrätys perustuu siihen, mitä kumi on raaka-aineena ja mitä valmis kumiseos sisältää. Kaikki olemassa olevat kumiseokset koostuvat luonnonkumista ja synteettisistä- eli keinotekoisista kumeista. Luonnonkumi saadaan nimensä mukaisesti luonnosta kumipuun maitiaisnesteestä. Synteettiset kumit koostuvat kemiallista seoksesta, jotka saadaan petrokemianteollisuudesta öljynjalostusprosessin sivutuotteina. Riippuen valmiille tuotteelle halutuista ominaisuuksista kumiseokseen lisätään eri kemikaa- leja muuttamaan valmiin seoksen ominaisuuksia. Tavallisesti valmis kumiseos koostuu 8-15 eri ainesosasta. (valuatlas 2010.)

Täyteaineet ovat seoksessa joko aktiivisina tai inaktiivisina riippuen siitä, onko niiden tarkoitus muuttaa kumin ominaisuuksia vai pelkästään lisätä lopullisen massan määrää (jatkeaine ja lujite). Täyteaineita ovat esimerkiksi kaoliini, talkki ja tärkkelys. Usein täyteaineena toimii jokin orgaaninen tai epäorgaaninen aine, joka on edullisen hintansa vuoksi valittu kumimassan täytteeksi, mutta sillä voi olla myös seoksessa selvä funktio, kuten ääneneristävyys. Halpojen täyteaineiden lisäksi käytössä voi olla eri metallijauheet, lasikuulat tai vaikka bariumsulfaatti haitallista säteilyä estämässä. Sideaineena seoksessa voi puolestaan olla erilaisia silaaneja, stearaatteja sekä steariinihappoja. (valuatlas 2010.)

Täyteaineiden myrkyllisyys hankaloittaa erikoiskumien kierrätystä ja usein lopullinen sijoituspaikka on tavallinen kaatopaikka. Haitallista kemikaalia sisältävää kumia ei esimerkiksi voi hävittää polttamalla mahdollisten poltossa muodostuvien myrkyllisten kaasujen vuoksi. Pehmittimien tehtävänä on tehdä kumimassasta notkeampaa ja näin ollen helpommin käsiteltävää. Yleensä pehmittimet ovat erilaisia öljyjä tai parafiineja. (valu-atlas 2010.)

2.2.3 Kumijäte energialähteenä

Teknikum Oy:ssä syntyvä erilainen kumijäte on kemiallisilta- sekä palominaisuuksiltaan verrattavissa rengasjätteeseen, joka on yleisimmin polttamalla hävitettyä kumijätettä. Kumijäte sisältää puhtaudesta riippuen suuren määrän energiaa, jonka vuoksi se kiinnostaa Suomen energiateollisuutta ja voimalaitoksia. Puhtaan kumiromun lämpöarvo voi olla jopa 30 MJ/kg, kun esimerkiksi voimaloiden käyttämän puuhakkeen vastaava arvo on noin 20 MJ/kg. Parhaimmillaan kumiromun lämpöarvoa voidaan verrata puhtaaseen polttoöljyyn. (Koskela 1998.)

Kumia on mahdollista polttaa tavallisissa kattilalaitoksissa, mutta kumijätteen laatu asettaa käytölle tiettyjä haasteita, kuten syöttölaitteen suunnittelu kumiromulle sopivaksi. Jätteen on oltava mahdollisimman tasalaatuista ja puhdasta, sillä erilaiset epäpuhtaudet, vieraat materiaalit ja muu massaan sekoittunut jäte haittaavat kumin tehokasta palamista ja saattavat vaurioittaa kattilaa. Esimerkiksi rengasjätteen poltossa jäljelle jäävä palamaton tuote on hankala poistaa kattiloista ja aiheuttaa näin ollen lisätyötä prosessiin. Kumijäte on myös murskattava ennen kattilaan syöttöä, mikä on runsaasti energiaa vaativa prosessi jo itsessään. (Koskela 1998.)

Käytettäessä kumia kattilalaitoksen polttoaineena, täytyy ottaa huomioon laitokselle mahdollisesti muodostuvat lisäkustannukset erilaisten pakollisten investointien muodossa, kuten uuden varaston tai kuljetushihnan hankinta. Kumijäte ei aina automaattisesti toimi poltossa pääpolttoaineiden lisänä, vaan palamisessa saattaa ilmetä ongelmia, kuten kumin palaminen liian kuumana laitteen lämmönsietokykyyn nähden, tai haitallisten palokaasujen muodostuminen palamisen aikana. Toisaalta kilpailukykyä lisää jätteestä

saadun energian hinta, joka ei välttämättä poikkea merkittävästi pääpolttoaineesta saadusta hinnasta. (Koskela 1998.)

Kumin poltossa syntyvä tuhka sisältää edelleen erilaisia kemikaaleja sekä partikkeleita, jotka vaativat usein puhdistusta mm. syklonissa. Tuhkan laadusta riippuen sen jatkokäsittely ja kierrätys ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi voi aiheuttaa laitokselle jälleen lisäkustannuksia, mikä täytyy ottaa huomioon kumijätteen polttoa suunniteltaessa. Puhdasta kumijätteestä syntyvä tuhka sisältää lähinnä nokea ja hiiltä, mutta voi olla koostumukseltaan monimutkaisempaa, jos samalla on poltettu muita raaka-aineita, tai itse kumiromu on ollut epäpuhdasta. Tuhka voi sisältää raskasmetallipartikkeleita tai muita haitallisia yhdisteitä. Kaikkien edellä mainittujen syiden vuoksi voimalaitoksissa poltettavan kumijätteen tulisi aina olla erittäin puhdasta ja tasalaatuista, mikä rajoittaa mahdollisten asiakkaiden määrää merkittävästi. Taulukossa 1 on esitetty eri polttoaineiden ominaisuuksia. (Koskela 1998.)

TAULUKKO 1. Eri materiaalien ominaisuuksia

Materiaali	Lämpöarvo MJ/kg	Kosteus %	Tuhka %	S	Cl	Tilavuuspaino kg/m³
Kumirouhe	39	0,5	4,3	1,9	0,03	390
Rengasmurska	32	1	12	1,2	0	400
Turve	19	40	5	0,1	0,1	350
Kivihiili	25	5	15	1		

Taulukosta havaitaan, että vertailussa kumirouheen ja rengasmurskan lämpöarvot ovat lähellä toisiaan, kun taas prosentuaalisesti tuhkaa syntyy renkaista paljon enemmän. Vastaavasti kumirouheen kosteus on vain puolet rengasmurskan kosteudesta, joskin pitoisuus on molemmilla pieni. Haitallisten päästöjen suhteen (rikki ja kloori) molemmat kumimateriaalit ovat myös samassa luokassa. Taulukon perusteella kumirouhe on lämpöarvonsa puolesta hieman rengasmurskaa parempi materiaali poltettavaksi. Turpeella on kumiin verrattuna merkittävästi suurempi kosteusprosentti, eikä kivihiili yllä samaan suuruusluokkaan lämpöarvonsa puolesta. Kivihiili muodostaa palaessaan huomattavasti enemmän tuhkaa, kuin kumirouhe. (Koskela 1998.)

2.3 Ympäristö ja lainsäädäntö

Standardien vaatimusten avulla laaditaan yrityksen yhteisiä ohjeita ja määritelmiä sille, miten jokin asia on tarkoitus tehdä. Standardien käyttö takaa tuotteen laadun, jäljitettävyyden ja sarjassa valmistettavien tuotteiden samankaltaisuuden. Yleensä standardeilla viitataan yleisesti tunnettuihin standardeihin, kuten kansainväliseen ISO- järjestelmään, tai johonkin sen osaan. Standardeihin perustuvat valmistusmenetelmät takaavat sen, että asiakas pystyy selvittämään tuotteen koostumuksen ja valmistustavan halutessaan hyvin tarkasti. Usein asiakas vaatii vakuutta siitä, että tuote on valmistettu virallisiin vaatimuksiin perustuen, tai tämä seikka liitetään asiakkaan kanssa tehtyyn sopimukseen.

Teknikum Oy:ssä on käytössä virallinen ISO 9001- standardijärjestelmä. Laatu järjestelmä kattaa myös sen, että kokeiden ja kalibrointien suorittavat henkilöt ovat työhön vaadittavan koulutuksen käyneitä. Sama standardi kattaa koko tuotantoprosessin tuotteen suunnittelusta lopputarkastukseen. (Standardi ISO 9001.)

2.3.1 Ympäristölupapäätös

Teknikum Oy:n toiminta ja jätteiden kierrätys perustuu erilaisiin yritystä velvoittaviin lakeihin ja säädöksiin, ja tämä pätee myös erilaisen kumijätteen kierrätykseen. Yritystä koskee Aluehallintoviraston vuonna 2010 myöntämä ympäristölupapäätös (Dnro LSSAVI/31/04.08/2012), jossa määritellään yritystä koskevat ympäristölait ja velvoitteet ympäristöä kohtaan. Päätöksestä käy mm. ilmi yrityksen aiheuttama melu, käytetyt kemikaalit vuosittain ja läheisen vesialueen veden käyttö jäähdytyksessä. (ympäristölupapäätös Nro 44/2011/1.)

Päätöksessä on kuvattu tuotannon eri prosessit ja tuotteiden valmistusmenetelmät. Jätteiden käsittelystä päätökseen on kirjattu, että yrityksellä on jätteiden käsittelyohje eri materiaaleille, ja yrityksen jätteistä, niiden käsittelystä ja syntyvän jätteen määrän vähentämiseen tähtäävästä toiminnasta on laadittu selvitys vuonna 2009. Selvitys on katkannut myös suunnitelman jätteiden hyödyntämistä lisäävistä toimista. (ympäristölupapäätös Nro 44/2011/1.)

Kumijätteestä päätös toteaa, että vulkanoitumaton kumi pyritään käyttämään tuotannossa uudelleen osana uutta seosta, ja vulkanoitunut jäte pyritään hyödyntämään energiajätteeksi, tai ohjaamaan kaatopaikalle tilanteen mukaan. Taulukossa 2 on esitetty ympäristölupapäätökseen sisältämä tiivistelmä Teknikum Oy:ssä syntyvästä jätteestä (ympäristölupapäätös Nro 44/2011/1).

TAULUKKO 2. Teknikumissa syntyvät jätemäärät vuosittain.

jätelaji	määrä kg/ v	tunnus	käsittely
kumijäte	235	07 02 99	kaatopaikka
energiajäte	69		osa kierrätykseen, osa polttoaineeksi
rautaromu	42	2001 40	uusiokäyttö
muovi	3,5	07 02 13	osa kierrätykseen, osa kaatopaikalle
öljyjäte	2,4	13 01 05	vaarallinen jäte
kiinteä öljyjäte	1,1	13 06 01	vaarallinen jäte

Ympäristölupapäätöksen mukaan yrityksen toiminnasta ei aiheudu ympäristölle merkittävää haittaa, joka vaikuttaisi viihtyvyyteen tai terveyteen. Yritys on kuitenkin velvollinen tarkkailemaan syntyvän jätteen määrää ja kirjaamaan sen ylös kuukausittain. Teknikum Oy on myös velvollinen noudattamaan toiminnassaan ympäristönsuojelulakia, jonka 28 §:n pykälän mukainen myös myönnetty ympäristölupa on. Päätöksessä viitataan lisäksi ympäristönsuojelulain seuraaviin pykäliin, jotka määrittelevät säännöt jätteiden käsittelylle ja oikeaoppiselle tavalle hävittää: YSL 43§, 45§, jäte L 6 §, jäte A 5§, 6§, VNp 659/ 1996, VNp 101/ 1997. Tiivistettynä lupa määrittää sen, ettei mitään jätettä saa hävittää polttamalla, jos se on mahdollista hyödyntää käytössä. Poikkeuksena tähän ovat toimenpiteet, jotka aiheuttaisivat kohtuutonta vaivaa tai taloudellisia kustannuksia yritykselle polttamisen sijaan. Tässä tapauksessa jätteet on luvallista ohjata kaatopaikalle, muutoin jokainen materiaali kerätään omaan lajitteluyksikköön ja ohjataan edelleen hyödynnettäväksi parhaalla mahdollisella tavalla. (ympäristölupapäätös Nro 44/2011/1.)

Ympäristölupapäätös määrittelee edellä mainittujen tekijöiden lisäksi ohjeet vaarallisen jätteen käsittelyyn, raaka-aineiden varastointiin sekä toimintamallin ongelmatilanteiden menettelyihin. Yrityksellä tulee olla valmis suunnitelma jokaista mahdollista häiriötilannetta varten ja velvoite ilmoittaa häiriöistä asianomaisille tahoille onnettomuuden

sattuessa. Myös näitä toimenpiteitä ohjaavat omat lakipykälänsä, mutta niiden sisältöön ei tässä perehdytä tarkemmin. (ympäristölupapäätös Nro 44/2011/1.)

Jätelaki 17.6.2011/646 velvoittaa kaikki Suomessa toimivat yritykset käsittelemään jätteensä lain osoittamalla tavalla niin, että kaikki sen siihen sisältyvät pykälät ja asetukset täyttyvät. Kaikessa jätteen hävittämisessä ja käsittelyssä on pyrittävä luontoa ja ympäristöä mahdollisimman vähän rasittavaan toimintaan ja yleisesti syntyvän jätteen määrää on pyrittävä kokonaisuutena jatkuvasti pienentämään. (ympäristölupapäätös Nro 44/2011/1.)

2.3.2 Jätelaki

Kaikki Teknikum Oy:n toiminta, jätteiden kierrätys ja niiden käsittely noudattaa Suomessa voimassa olevaa jätelakia 17.6.2011/646. Jätelain tarkoituksena on vähentää ja ehkäistä kaikkea ihmiselle ja luonnolle koituvaa haittaa, joka syntyy jätteiden käsittelystä ja muodostumisesta. Laki pyrkii edistämään kestävästä luonnonvarojen käyttöä ja ehkäisemään roskaantumista. Lakia sovelletaan kaikkeen toimintaan, joka on tekemissä jätteiden kanssa tai on vastuussa jätteen syntymisestä. Lakia ei kuitenkaan sovelleta sellaisiin jätelaatuihin, joista on säädetty erikseen muualla laissa, kuten jätevedet ja vaaralliset jätteet. Tällä perusteella lakia sovelletaan Teknikum Oy:n jätteisiin. (Jätelaki 17.6.2011/646.)

Jätelaki määrittelee jätteen seuraavasti: ”tässä laissa tarkoitetaan jätteellä ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä”. Tämän lisäksi jätelaissa on määritelmä seuraaville termeille: vaarallinen jäte, jätteen tuottaja, kiinteistön haltija, toiminnan järjestäjä, kuljetuksen suorittaja jne. (Jätelaki 17.6.2011/646.)

Laista selviää ns. yleiset huolehtimisvelvollisuudet, joiden perusteella on pyrittävä minimoimaan syntyvän jätteen määrä ja huolehtimaan, ettei syntynyt jäte aiheuta kohtuutonta haittaa jätteen kuljetukselle tai ympäristölle. Lain toteutumiseksi tuotannossa on käytettävä kaikkia tarpeellisia raaka-aineita säästeliäästi ja vastuullisesti, sekä käytettävä valmis tuote hyödyksi mahdollisimman hyvin tai pyrittävä korjaamaan se tuotteen

rikkoutuessa tai kuluessa. Viranomaisten vastuulla on pyrkiä omalla toiminnalla edistämään edellä esitettyjä vaatimuksia sekä helpottamaan niiden toteuttamista esimerkiksi kierrätystä tukemalla. (Jätelaki 17.6.2011/646.)

Valtioneuvosto voi asettaa erilaisia määräyksiä ja rajoituksia edellä esitetyn toiminnan toteutumiseksi. Tuotteisiin voidaan vaatia lisäämään tuotteesta kertovia merkintöjä tai tuotteen kierrätyksestä voidaan määrätä saatavaksi palkkio. Samalla tavalla oikeaoppiseen toimintaan voidaan ohjata rangaistusten ja rajoitusten avulla rajoittamalla maahan-tuontia, tuotteen hävittämistä tai myyntiä. Valtioneuvosto määrää jätehuollon oikeaoppisesta järjestämisestä koko suomessa niin, että jätteen hävittäminen on yritykselle helppoa ja mielekästä. Jätehuollon vastuulla on toimiva kierrätys, vaarallisen jätteen turvallinen käsittely ja hävitys, sekä jätteiden kerääminen yrityksiltä. Jätteen käsittelyn on oltava hallittua, siitä ei saa aiheutua kohtuuttomia kustannuksia, eikä niitä saa joutua kuljettamaan kohtuuttomia matkoja kuitenkin niin, että keräyksen ja käsittelyn tilaaminen on yrityksen vastuulla. (Jätelaki 17.6.2011/646.)

3 KUMIN KIERRÄTYS TEKNIKUM OY:SSÄ

3.1 Vulkanoidun kumin energijäte

Tähän kategoriaan kuuluu kaikki Teknikum Oy:ssä syntyvä vulkanoitunut kumijäte, joka voidaan edelleen hyötykäyttää energiantuotannossa polttamalla. Tällä hetkellä yrityksen energijäte, kumijäte mukaan lukien kuljetetaan Fortumin Kauttuan toimiyksiköön poltettavaksi. Kumijätettä syntyy pääasiassa syystä tai toisesta valmistuksessa vaurioituneista käytettäväksi kelvottomista tuotteista, sekä erilaisista hukkapaloista sekä purseista.

Osa tuotteista sisältää kumin lisäksi muita materiaaleja, kuten metallia tai tekstiilivahvikkeita. Tällaisia ovat mm. letkut ja myllynvuorausosat, kuten palkit ja vaippalaatat. Letkuihin punotaan usein eri kumikerrosten väliin vahvikkeita erilaisista tekstiileistä, kuten viskoosista tai nylonista. Useimmiten letkun vahvikkeena on punottu viskoosilanka, joka tunnetaan kauppanimellä Rayon. Letkut voivat myös tyypistä ja käyttötarkoituksesta riippuen sisältää keraamisia vahvikkeita ja teräslankoja tai vahvikkeita. Letkuista syntynyttä kumijätettä poltettaessa vahvikkeet eivät yleensä tuota ongelmia, mutta voivat prosessista riippuen sotkeutua laitteisiin tai niiden osiin.

Muottiosaston tuotteista mm. eräät tiivisteet, sekä useimmat myllynvuorausosat sisältävät metalleja, kuten alumiinia ja terästä erisuuruisina kappaleina. Yleensä metalliosia on mahdoton poistaa tuotteesta ennen niiden päätymistä jätteen keruuseen, jolloin ne aiheuttavat omat haasteensa jätteen käsittelyssä. Metalliosien poisto olisi mahdollista vain käsin, jolloin se vaatisi työvoimaa ja hidastaisi muuta tuotantoa.

3.1.1 Jätteen käsittely ja kuljetus

Vulkanoitu kumijäte luokitellaan energijätteeksi, johon kuuluvat kaikki poltettavaksi soveltuvat materiaalit ja jätteet. Teknikum Oy:ssä kertyy vuosittain noin 130 tonnia energijätettä. Kumin osuutta energijätteen määrästä on mahdotonta tarkasti ilmoittaa, sillä tuotannon jätekumi kerätään samoille roskalavoille muun energijätteeksi kelpaavan materiaalin kanssa. Tällaista jätettä ovat mm. erilaiset muovikääreet, sekä tyhjät

pakkaukset. Ennen jätteen keruuta pelkän kumimassan punnitseminen olisi hankala tehtävä työllistävyytensä vuoksi. Energiajätteen lisäksi lajitellaan erikseen pahvi, vaarallinen jäte ja puujäte. Kuvissa 1 ja 2 näkyvät jätteenkeräyslavat ja niiden asianmukaiset merkinnät sisältöineen.



KUVA 1. Teollisuusjätteen ja Nowastelle menevän jätteen keräysastiat



KUVA 2 Vulkanoinimattoman kumin ja energiajätteen keräysastiat

Kumijätettä syntyy niin vulkanoitua kuin vulkanoimatontakin, mutta näistä vain vulkanoitu päätyy energiajätteeseen. Vulkanoimaton kumi pyritään käyttämään uudelleen tuotannossa käyttämättömän raaka-aineen kanssa. Vulkanoimaton kumijäte kuljetetaan Nokialle Nowaste Oy:n käyttöön. Syntyvän kumijätteen täydellinen hävittäminen polttamalla vaatisi jätteiden huomattavasti tarkempaa lajittelua, mikä on käytännössä hankalaa.

Tuotannossa syntyvä kumijäte kerätään niille tarkoitetuille energiajätelavoille, joita on useimpien valmistusyksiköiden yhteydessä, tai välittömässä läheisyydessä (kuva alla). Samoilta lavoille kumijätteen kanssa kerätään myös kaikki muu työpisteessä syntyvä energiajätteeksi kelpaava roska, mukaan lukien metalliosat, jotka ovat liimauksella kiinni itse hävitettävässä tuotteessa. Kaikki muu mahdollinen metallijäte kerätään omalle lavalleen, josta se kuljetaan edelleen metallinkeräykseen. Yksittäiset energiajätelavat tyhjenetään niiden täytyttyä ulkona sijaitseville roskalavoille, jotka Vammalan Hyötykeräys hakee ennalta määritellyin väliajoin ja kuljettaa jätteestä riippuen haluttuun päätepisteeseen.

3.1.2 Kustannukset

Kaikki yrityksessä tapahtuva jätelakiin ja ympäristövastuuseen perustuva jätteenkäsitely aiheuttaa kustannuksia jätemaksujen muodossa, ellei jätteelle keksitä muuta käyttökohdetta tai sitä ei pystytä käyttämään hyödyksi omassa prosessissa. Tämän vuoksi Teknikum Oy on kiinnostunut vaihtoehdoista eri kuminkierrätysmenetelmien välillä. Ihanteellisessa tilanteessa yritys pystyy hyötymään itse taloudellisesti omalla kumijätteellään, esimerkiksi myymällä sen eteenpäin toisen yrityksen raaka-aineeksi. Tämä ei kuitenkaan ole mikään yksinkertainen ratkaisu. (Konsti 2011.)

Teknikum Oy maksaa tällä hetkellä 125 euroa jokaisesta syntyvästä teollisuusjätetonnistasta. Vuonna 2011 yrityksessä syntyi kaatopaikalle päätyvää teollisuusjätettä 68 860 kg, jolloin tämän jätemäärän kustannukset olivat 8607 euroa koko vuodelta. Teollisuusjätteen määrää on mahdollista pienentää lähinnä kierrätystä parantamalla ja jätteen syntyä ehkäisemällä. Energiajättekustannus on 70 euroa jätetonnilta, jota yrityksessä syntyi vuonna 2011 151 445 kg. Tästä voidaan laskea energiajättekustannusten olleen 10601 euroa viime vuonna. Energiajätteen määrää ei suoraan ole järkevää pyrkiä vähentämään,

sillä tuotannossa syntyvän jätteen määrä on jo vähäistä. Tehokkaampaa olisi löytää energijätteelle rahaa tuottava käyttökohde. (Konsti 2011.)

Jätteen käsittely aiheuttaa yritykselle kuljetuskustannuksia, kun ulkopuolinen yritys huolehtii jätelavojen tyhjennyksestä. Tällä hetkellä teollisuusjätteen kuljetusmaksu on 45 euroa/kerta ja energijätteen kuljetusmaksu on 40 euroa/ kerta. Tämä maksetaan yhden täyden jätelavan siirrosta ja tyhjennyksestä. Lisäksi jätelavojen punnitus aiheuttaa 12 euron kustannuksen yhtä punnituskertaa kohden. ratkaisu. (Konsti 2011.)

Taulukossa 3 on yhteenveto Teknikum Oy:n jätekustannuksista. Taulukkoon on kerätty jätteenkäsittelystä yritykselle koituvat kustannukset, joiden alkuperä esiteltiin aiemmin.

TAULUKKO 3. Yhteenveto yrityksen jätekustannuksista

	Jätmaksu € / tonnia	Kuljetus € / kerta	Punnitus € / kerta	Määrä kg / v
Teollisuusjäte	125	45	12	680860
Energijäte	70	40	12	151 445

4 VAIHTOEHTOJA KUMIN KIERRÄTYKSEEN

4.1 Peatec Oy ja pyrolyysireaktori

Peatec Oy on Valkeakoskella sijaitseva vuonna 2008 perustettu pyrolyysiin erikoistunut yritys, joka toimii Tervasaaren teollisuusalueella. Yritys työllistää noin 10 henkilöä ja kyseinen tuotantolaitos on toistaiseksi koemittakaavassa, josta se on tarkoitus suurentaa jatkuvatoimiseksi tuotantolaitokseksi. Yritys on samalla erikoistunut pyrolyysi- tuotantolaitosten suunnitteluun, joita toimitetaan ympäri maailmaa. Yrityksen kaikki toiminta perustuu ympäristöystävällisyyteen. Valkeakosken tehdas hyödyntää toistaiseksi pääraaka-aineenaan käytettyjä renkaita. (Keinänen 2012.)

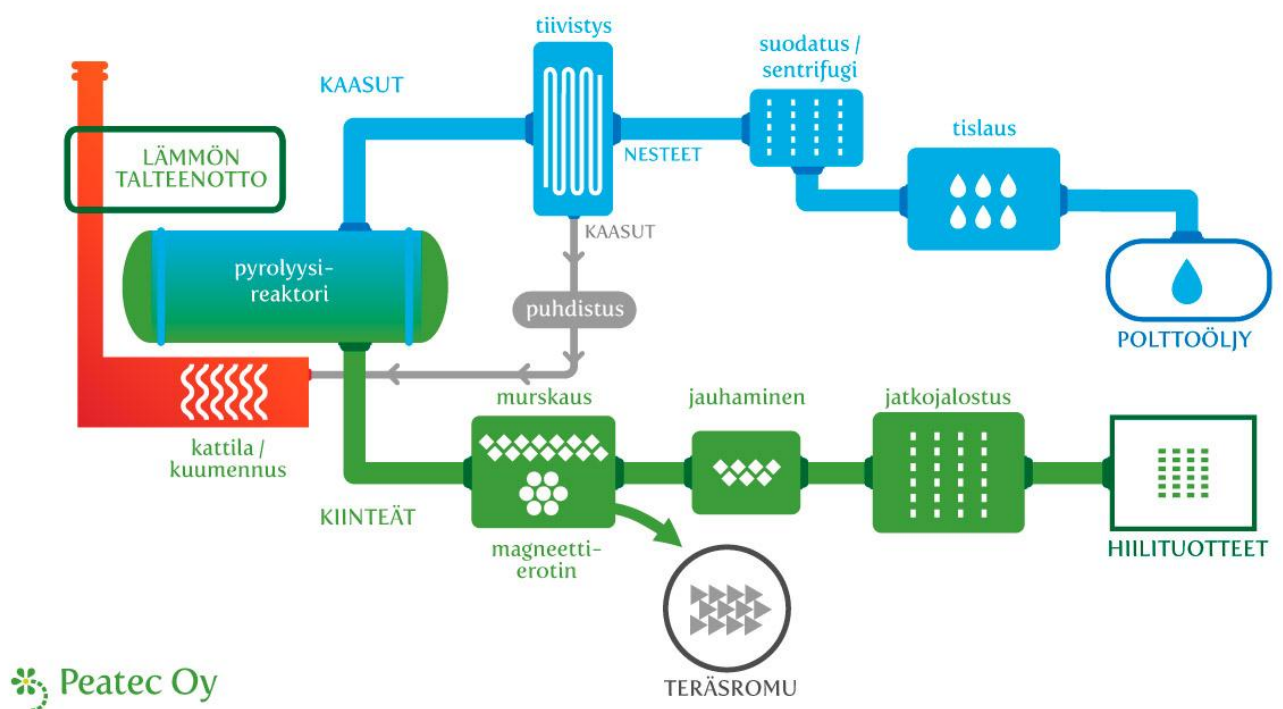
Yrityksen käyttämä prosessi mahdollistaa myös muiden kuin käytettyjen renkaiden polton. Tulevaisuudessa prosessin raaka-aineena mahdollisesti yleistyy esimerkiksi kierrätysmuovi tai turve. Prosessin lopputuotteet soveltuvat erilaisiin teollisuuden tarpeisiin. Esimerkiksi kumijätteestä irronnut öljy pystytään hyödyntämään uudelleen laivateollisuuden polttoaineena ja hiili aktiivihiihluodattimissa. Merkittävä tekijä prosessissa on sen muodostama negatiivinen hiilijalanjälki. Prosessi toimii itse tuottamallaan lämpöenergialla, jolloin ulkopuolista energialähdettä ei tarvita. Prosessissa ei synny mitään jätevesiä, eikä sen aiheuttama meluhaitta ympäristölle ole merkittävä. (Keinänen 2012.)

Yritys vakuuttaa, että laitos täyttää EU:n turvallisuus-, ja ympäristölainsäädännön ehdot, minkä lisäksi kaikki ratkaisut ovat myös kustannustehokkaita. Kaiken kaikkiaan yritys vakuuttaa laitoksen ympäristövaikutusten olevan varsin merkityksettömiä. Tähän mennessä kaikki Valkeakosken tehtaan koelaitoksella tehdyt kokeet ovat olleet lupaavia. Samoin laitoksesta saadut lopputuotteet ovat vaikuttaneet testeissä korkealaatuisilta. (Keinänen 2012.)

4.1.1 Pyrolyysin teoriaa

Pyrolyysissa eli kuivatislauksessa raaka-aine saadaan kaasuuntumaan kuumentamalla se korkeaan lämpötilaan hapettomassa tilassa. Tässä työssä käytetään esimerkkinä Peatec Oy:n pilottiprosessia ja sen osia, jotka saattavat yksityiskohdistaan poiketa muista olemassa olevista kaasutuslaitoksista. Prosessin yleisperiaate on kuitenkin kaikissa sama. Pyrolyysissa eli kaasutuksessa poltettavasta aineesta haihtuu yleensä kosteutta, jonka jälkeen se hajoaa kiinteiksi aineiksi ja osa kaasuuntuu. Kaasutuksen yleisin ja suosituin käyttökohde on erilaisten biomassojen jatkojalostus, mutta tekniikka soveltuu hyvin myös muiden raaka-aineiden käsittelyyn. Jatkossa keskitytäänkin pelkästään kumin ominaisuuksiin pyrolyysin raaka-aineena. (TKK 2002.)

Poltossa syntyneet kaasut tiivistetään, eli nesteytetään ja puhdistetaan suodattamalla esimerkiksi sentrifugissa. Suodatuksesta tuote johdetaan tislaukolonniin, jossa tuotteen eri osat erottuvat edelleen tiheyseroihin perustuen. Kiinteät jätteet, kuten hiili jää joko polttokattilan pojalle, tai siirtyy hihnojen avulla jatkokäsittelyyn prosessin tyypistä riippuen. Kuvassa 3 on esitetty Peatec Oy:n prosessikaavio. (TKK 2002.)



KUVA 3. Peatec Oy:n prosessikaavio

Panosprosessissa pyrolyysikattilaan syötetään tietty määrä raaka-ainetta, kuten kumia ja kattila suljetaan. Polton aikana syntyvä kaasu kulkeutuu putkiston ja edellä kuvattujen esikäsittelylaitteiden kautta keruusäiliöihin omina jakeinaan ja lopullisina tuotteina. Kumista irronnut hiili, ja mahdollinen metallijäte kerääntyvät polttokattilan pohjalle, josta se kerätään joko koneellisesti tai käsin pois (TKK 2002.)

Jatkuvatoimisessa prosessissa raaka-ainetta syötetään polttokattilaan kuljettimen avulla jatkuvasti, jolloin sitä myös kaasuuntuu koko ajan. Erilaisten kuljetushihnojen avulla reaktiotuotteet kuljetaan jatkokäsittelyn kautta pakattaviksi ja edelleen varastoitavaksi. Jatkuvatoiminen prosessi on tehokkaampi ja vaatii automatisointimahdollisuuden ansiosta vähemmän fyysistä työvoimaa. Käytännössä koko tuotanto on mahdollista saada toimimaan automatisoidusti, jolloin esimerkiksi muutama automaatioinsinööri säätelee prosessia hallintajärjestelmien kautta (TKK 2002.)

4.1.2 Teknikum Oy:n vulkanoidun kumin energiajäte prosessin raaka-aineena

Yhteistyö käynnistyi Peatec Oy:n tutustumiskäynnillä Teknikum Oy:n tuotantoon. Tapaamisessa tutustuttiin Teknikum Oy:n tuotantotiloihin ja prosesseissa syntyvään kumijätteeseen. Tällä tavalla kartoitettiin alustavasti kumijätteen soveltuvuus Peatec Oy:n pyrolyysin raaka-aineeksi ja sen todettiin sopivan tarkoitukseen erittäin hyvin. Samalla päätettiin, mitä kumia yritykselle lähetetään testattavaksi ja kuinka paljon ensimmäinen kuljetus sisältää materiaalia.

Ensimmäinen Valkeakoskelle lähetetty kumilasti painoi 3250 kiloa. Lähetetty testi-kuorma sisälsi suunnitelmien mukaisesti valikoiman Teknikumin tuotannosta syntyvää kumijätettä eri prosesseista. Kuormassa oli mukana pientä pursesilppua, massiivisia alumiiniprofiilin sisältäviä palkkeja, erilaisia hukkapaloja, letkunpätkiä ja Rayon vahvikkeen sisältävää kumilevyä. Lisää materiaalia Teknikumilta lähetettiin noin kuukausi myöhemmin, kun tuotannosta oli kertynyt testaukseen hyvin soveltuvaa käyttökelvotonta kumiletkeä.

4.2 Nowaste Oy

Nowaste Oy on Nokialla sijaitseva vuonna 2006 perustettu kumin ja muovin kierrätykseen erikoistunut yritys. Toiminta perustuu kierrätysmateriaalien muuntamiseen muuhun muotoon tai uuden käyttötarkoituksen luomiseen. Yritys toimii puhtaan luonnon puolesta ja pyrkii toiminnallaan vähentämään kaatopaikalle päätyvän jätteen määrää. (Nowaste Oy.)

Teknikum Oy lähettää Nowaste Oy:lle Nokialle kaiken tuotannossa syntyvän vulkanoimattoman kumijätteensä sekä lisäksi osan muovijätteestä. Nowaste Oy huolehtii myös hävitettäväksi määritellyn jätteen käsittelystä asiakkaalle sopivalla tavalla. Käytännössä Yritys itse huolehtii jätteen noudon pyydettyä omilta laivoiltaan ja kerätystä muovijätteestä jää myös Teknikumille pieni rahallinen korvaus. Hävitettävä jäte rouhitaan pieneksi ja sekoitetaan Nokian Renkaat Oyj:ltä saatuun rengasjätteeseen. Lopullinen käyttökohde kumirouheelle on esimerkiksi ratsastusmaneesien pohjan täyteenä. Vulkanoidun kumin kierrätys ja hävittäminen on hankalaa, sillä sen käsittelyyn eivät sovellu tavalliset murskaimet tai jauhimet sen tarttuvuuden vuoksi. (Nowaste Oy.)

Vulkanoitua kumijätettä on myös viety Nowaste Oy:lle, mutta kokeilu ei tuottanut toivottua tulosta. Teknikum Oy:n vulkanoitu kumijäte ei ole riittävän puhdasta ja tasalaatuista yrityksen käyttöön. Jäte ei saa sisältää lainkaan metallia, mitä on mahdoton taata, sillä täysin metallittoman jakeen muodostaminen tuotannossa syntyvästä kumijätteestä olisi työllistävä lisävaihe nykyiseen prosessiin. Samoin letkuissa käytettävät Nylon vahvikkeet sotkevat kumin silppuamiseen tarkoitetun laitteen terät, eivätkä letkut tästä syystä sovellu kyseisen prosessin raaka-aineeksi. Metallipitoisuudesta ja vahvikkeista johtuen Nowaste Oy ei voi kierrättää Teknikum Oy:n vulkanoitua kumijätettä. (Nowaste Oy.)

4.3 Devulkanoidun kumin käyttö raaka-aineena

Ennen devulkanointiprosessia kumiaines regeneroidaan lämmön, mekaanisen käsittelyn ja kemikaalien avulla, jolloin kumista saadaan uudelleen vulkanoituvaa. Prosessissa kumin muodostavien elastomeeriketjujen hiilisiidokset katkokaan, jolloin kumi pehmennee molekyyliä painon muutoksesta. Näin syntynyt aines sisältää edelleen ketjujen väliset rikkisillat, joiden käsittelemiseksi massa täytyy edelleen devulkanoida. Käytännössä regenerointi toteutetaan mm. tehokkaan ruuvipuristimen avulla, jolloin suuret leikkausvoimat aikaansaavat kumin lämpenemisen. Sivutuotteena voi olla paha haju, jonka poisto vaatii lisälaitteita prosessissa. Nykyään käytössä on muitakin regenerointi sovelluksia joissa hyödynnetään mm. ultraääntä ja mikrobeja halutun kemiallisen reaktion tuottamiseksi kumissa. (CWC Group 1996.)

Ultraäänen käyttö samoin kuin mikroaalto- menetelmänkin perustuu eri taajuuksien aaltojen kykyyn saada polymeerien väliset rikki-, ja hiilisiidokset katkeamaan. Menetelmät ovat nopeita käyttää, mutta kustannuksiltaan liian suuria laajempaan käyttöön. Toisaalta em. menetelmiä kehittämällä niillä käsitellyn kumin ominaisuudet saataisiin mekaanisesti käsiteltyä kumia paremmaksi, jolloin sitä olisi mahdollista sekoittaa uusiomassaan aiempaa suurempina pitoisuuksina. (CWC Group 1996.)

Devulkanointi käsitteenä ei ole uusi, mutta mielenkiinto prosessia kohtaan on herännyt viime vuosien aikana uudelleen kumijätteen kierrätykseen ja sen ekologisuuteen kohdistuvien paineiden lisääntymisen seurauksena. Kestävän kehityksen näkökulmasta kumin huono uudelleen käytettävyyden on haaste, joka täytyy tulevana vuosina ratkaista tavalla tai toisella. Käytännössä kyse on sellaisten kemikaalien kehittämistä, jotka mahdollistavat kumimassan kemiallisten sidosten purkamisen mm. lämmön avulla. Devulkanointumista käytetään ja kehitetään useissa yrityksissä eri puolilla maailmaa, mutta Suomessa mekanismin soveltuvuuden määrittäminen on vielä alkutekijöissään. (CWC Group 1996.)

Toimivia devulkanointiin soveltuvia kemikaaleja on jo käytössä mm. Yhdysvalloissa rengaskierrätyksen yhteydessä. Yksityiskohtaiset reseptit toimiville kemikaaleille ovat yrityskohtaisia salaisuuksia, mutta joitakin pääkomponentteja toimivalle yhdisteelle voidaan määrittää. Yleisesti em. kemikaalit voidaan luokitella hajottaja-aineiksi eli dispersanteiksi niiden molekyyliketjuja pilkkovan ominaisuutensa mukaan. Toimivia yhdisteitä voivat olla mm tiolit (merkaptaanit), jotka ovat orgaanisia rikkiyhdisteitä si-

toen itseensä sulfidiryhmän. Tiolien toiminta devultanoitumisreaktiossa perustuu niiden kykyyn katkoa ja uudelleen muodostaa rikkisiltoja aineessa. Eräs haittavaikutus em. yhdisteille on kuitenkin rikkiyhdisteille ominainen voimakas epämiellyttävä haju sekä luonnolle haitalliset ominaisuudet. (CWC Group 1996.)

Tiatsoli on orgaaninen rikkiatomin sisältävä rengasmainen aromaattinen yhdiste. Luonnossa se on sitoutuneena tiamiiniin, mutta kemiassa sille ei ole merkittävää käyttöä. Tiatsolia käytetään kumin vulkanoinnissa apuaineena, jonka vuoksi se rikkiä sisältäen soveltuu myös devulkanointiin molekyyliketjuja purkamaan. Reaktio neutseellistä kumia vulkanoitaessa on sama, mutta käänteinen. (CWC Group 1996.)

Devulkanointia varten kumi jauhetaan myllyssä pieneksi muruksi, vain muutaman millimetrin kokoiseksi rakeeksi. Tässä yhteydessä on sovellettu mm. kryogeniikkaa, eli materiaalitutkimusta alle -150°C lämpötilassa, jolloin jauhaminen rakeeksi tapahtuu erittäin kylmissä olosuhteissa. Kryogeeninen jauhatus on yksi jauhatusmuoto, jossa kylmät olosuhteet mahdollistavat kumin jauhamisen huomattavasti pienemmäksi partikkeliksi. Jauhettu kumi jatkokäsittellään lisäämällä seokseen kuivat kemikaalit, kuten dispersantit, jonka jälkeen alkaa massan kuumentaminen. Lämmityksen aikana massa devulkanoituu ja siitä tulee uudelleen käyttökelpoista raaka-ainetta, joskaan sen ulkonäkö tai ominaisuudet eivät sellaisenaan enää vastaa neutseellistä kumimassaa. (CWC Group 1996.)

Yleisin käyttökohde devulkanoinnille on käytetyt renkaat ja niiden kierrätys, mutta menetelmää on mahdollista soveltaa myös muihin kumituotteisiin. Prosessi vaatii käytetyn kumituotteen soveltuvuuden jauhettavaksi ennen jatkokäsittelyä, jolloin kumijäte ei saa sisältää suuria epäpuhtauksia tai muita materiaaleja. Suomessa devulkanoitumista tutkitaan alustavasti Kuusakoski Oy:ssä käytetyillä renkailla. Kokeilun tarkoituksena on kartoittaa mahdolliset asiakkaat Suomessa ja ottaa selvää potentiaalisista tehtaan sijoituspaikoista. (CWC Group 1996.)

Teknikum Oy on aloittanut yhteistyön Kuusakoski Oy:n kanssa marraskuun 2012 alussa devulkanoitun kumimateriaalin alustavaan testaukseen liittyen. Yritys on lähettänyt testattavaksi kahta eri tavalla tuotettua materiaalia, joille on tehty laboratoriossa alustavia kokeita. Ensimmäinen näyte on haurasta, rakeista ja sellaisenaan käyttökeltotonta mattoa, joka on valmistettu kalanterilla hienoon kumirouheeseen kemikaaleja lisäämäl-

lä. Toinen näyte on edellistä tiiviimpää homogeenisempaa paksua levyä. Näytteiden yksityiskohtaisemmat valmistusmekanismit eivät ole tiedossa. Kuvassa 4 on esimerkki käytetystä regeneraattinäytteestä. (Hyvönen 2012.)

Suurin haaste regeneroidun kumin käytölle on valmiin tuotteen käyttö ja siihen perustuvat vaatimukset. Regeneroitu kumi ei vastaa fysikaalisilta ominaisuuksiltaan neitseellistä kumia, vaan on tähän verrattuna puutteellista. Tällaista kumia käytettäessä on havaittu mm vetolujuuden alenemista. Regeneroidun kumin käyttö pelkästään on materiaalin hauraan luonteen vuoksi mahdotonta. Tästä johtuen regeneroituun kumiin lisätään aina neitseellistä kumimassaa ja yleensä siinä suhteessa, että kierrätyskumi jää täyteaineen rooliin. Mitä haastavampi on valmiin tuotteen käyttökohde, sitä pienemmässä osassa kierrätetty kumi voi olla tuotteessa. (Hyvönen 2012.)

Ero regeneroidun massan ja käyttämättömän massan välillä on paljaalla silmällä havaittava. Kierrätyskumi on rakenteeltaan selvästi karheaa ja siinä käytetty jauhettu aines erottuu käsin koskettaessa. Valmiissa tuotteessa eroa ei kuitenkaan enää ole havaittavissa. Regeneroidun kumin erilaiset ominaisuudet asettavat haasteita myös tuotteen valmistusprosessiin, sillä se reagoi mm. kalanteroinnissa normaalista poikkeavasti. (Hyvönen 2012.)



KUVA 4. Kuusakoski Oy:n Regeneraattikumia

Toteutuessaan devulkanoidun kumin markkinointihanke tarkoittaisi sitä, että Teknikum Oy:n olisi mahdollista ostaa Kuusakosken tuottamaa kierrätettyä kumiraaka-ainetta oman tuotannon käyttöön. Käyttämättömään massaan verrattuna Kuusakosken devulkanoitu kumi olisi edullisempaa, sillä sen kilohinta on karkeasti hieman yli euron. Teknikumin kierrätysongelmaa hanke ei kuitenkaan ratkaise, sillä Kuusakoski Oy:llä ei ole mielenkiintoa yrityksen kumijätteen ostoon. Tämä perustuu yksinkertaisesti yrityksessä syntyvän kumijätteen epätasalaatuisuuteen, kuten opinnäytetyössä on edellä perusteltu. (Hyvönen 2012.)

Edullisen hinnan lisäksi hanke toisi uudenlaista markkina-arvoa Teknikumin tuotteille ekologisuutensa vuoksi. Tulevaisuudessa ympäristöystävällisyys ja kestävä kehitys ovat entistä merkittävämmässä roolissa tuotteiden markkinoinnissa ja yrityksen imagossa. Myyjien roolissa kierrätetyn devulkanoidun kumin käyttö tuotteissa olisi kilpailuvaltti. (Hyvönen 2012.)

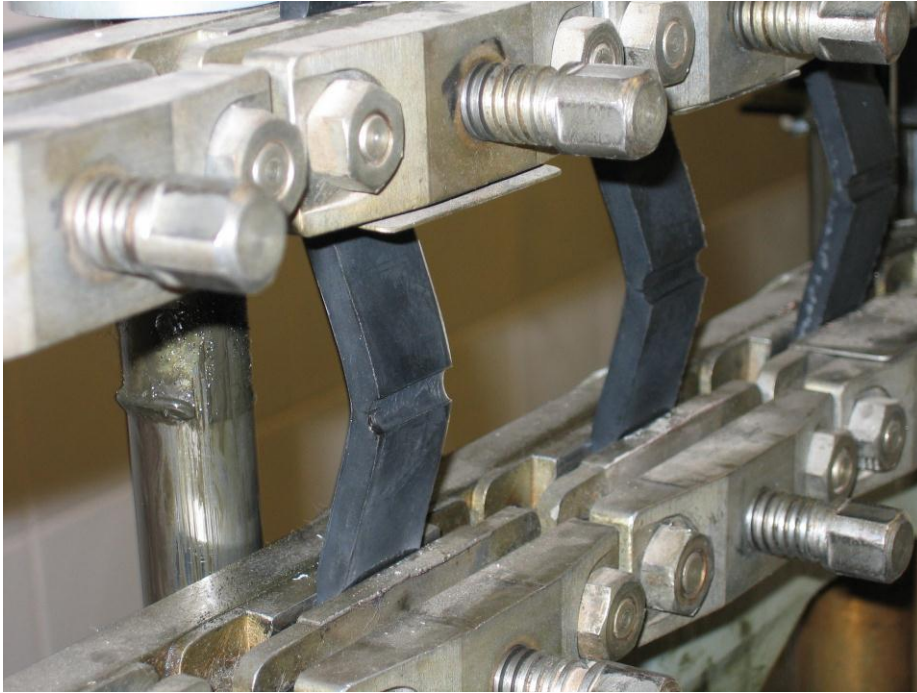
4.3.1 Mittauksia ja tulosten vertailua

Kuusakoski Oy:ltä saatua devulkanoitua kumia on testattu Teknikum Oy:n laboratoriossa mahdollista tuotekehitystä varten. Kaikki suoritettavat mittaukset perustuvat voimassa oleviin standardeihin, jotka määrittelevät ohjeet kumin testaukselle, testiolosuhteille sekä käytetyille laitteille. Mittauksia varten valmistetaan kumiseosta, jossa devulkanoidun kumin osuus vaihtelee, sekä lisäksi testataan ns. nollanäytettä, joka ei sisällä lainkaan kyseistä kumia. (Hyvönen 2012.)

DeMattia- testilaitte on suunniteltu standardin mukaiseen (ISO 132) vulkanoidun kumin taivutusväsymisen testaukseen. Koetilannetta varten valmistetaan standardin mukaisia testikappaleita vertailtavista kumeista useampi samasta erästä. Kumiliuskan keskellä on tarkkaan määritelty ura, joka reagoi rasitukseen kokeen aikana. Liuskat kiinnitetään kuvissa 5,6 ja 7 kuvatulla tavalla laitteeseen, johon tämän jälkeen syötetään haluttu määrä taivutuksia. Alustavasti näytteitä on testattu 5000 kierroksella, mutta tulosten puuttuessa määrää lisättiin seuraavalla testikerralla 150 000 kierrokseen. Yksi testi kestää kierrosten määrästä riippuen noin 20 minuuttia kerrallaan, ja se on mahdollista keskeyttää näytteiden tutkimista varten.



KUVA 5. Neljä testikappaletta kiinnitettynä DeMattia- koneeseen



KUVA 6: Testikappale hieman taivutettuna kokeen alussa, ei murtumia havaittavissa



KUVA 7. Laite on ala-asennossaan liuskat kokonaan taittuneena, joista kaksi oikeanpuoleista on murtunut lähes poikki

Kokeen aikana näytteen uraan alkaa muodostua repeämää, joka etenee urassa kierrosten aikana johtaen lopulta kappaleen lopulliseen murtumiseen. Murtuminen voi alkaa näytteen keskeltä tai reunasta ja tämä ajankohta, sekä murtuman eteneminen näytteessä ajan funktiona riippuu näytteen kemiallisesta koostumuksesta. Suoritetuissa kokeissa verrattiin 4:ä eri näytettä niin, että yksi niistä oli nollanäyte sisältäen vain neitseellistä kumi-massaa, ja muissa oli devulkanoitua kumia eri pitoisuuksina. Testituloksissa on jonkin verran vaihtelua havaittavissa eri kertojen välillä, mutta karkeasti voidaan sanoa, että devulkanoidun kumin osuuden ylittäessä tietyn optimin näytteessä, tulee kumista haurasta. (Hyvönen 2012.)

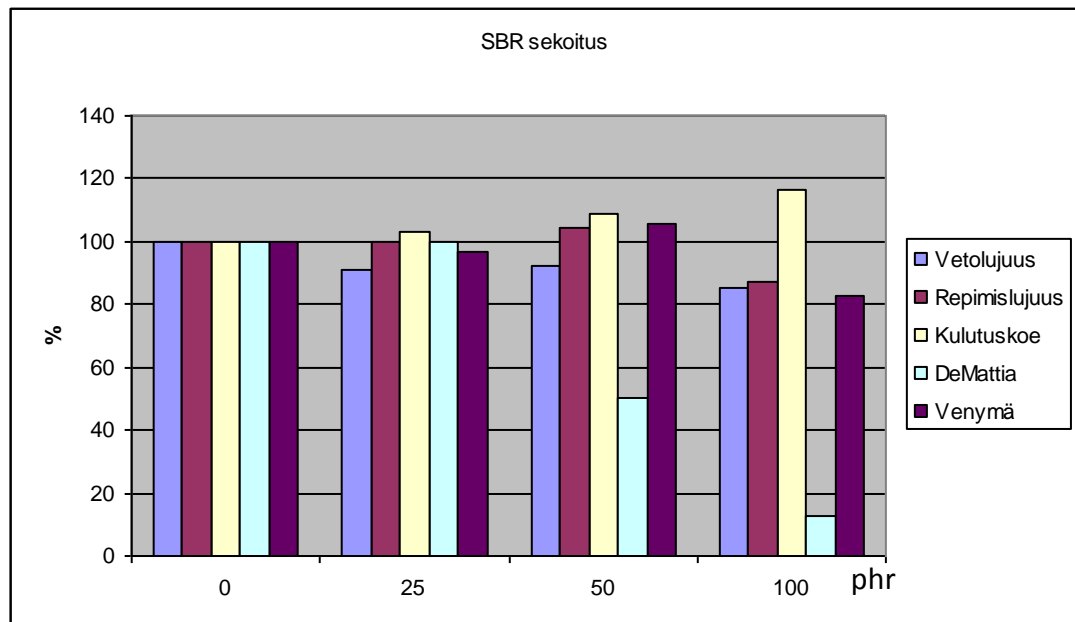
Ilmiö on helposti havaittavissa rasituskokeen aikana, kun suurimman määrän näytettä sisältävä kappale antaa hyvinkin nopeasti periksi rasitukselle alkaen murtumaan. Toisaalta tämä voidaan selittää osittain näytteen regeneroidun kumin koostumuksesta aiheutuvalla rakeisuudella. Kokeessa tällainen kappale lähtee herkimmin murtumaan pinnassa olevan rakeen kohdalta, toisin kuin kauttaaltaan tasaiset kappaleet. Ilmiö riippuu kuitenkin tuotetun rasituksen mekaanisesta luonteesta, kuten eri testien tuloksia vertailemalla havaitaan. Yhdessä testissä hyvin hauras kappale voi sietää toisen testin tuottamaa rasitusta muita paremmin. (Hyvönen 2012.)

Seuraavaksi näytteille tehtiin kulutuskoe kuvassa 8 näkyvällä laitteella, jossa jälleen standardi kokoista näytekappaletta kulutettiin hieromalla sitä hiekkapaperilla päällystettyä telaa vasten. Nappula punnitaan ennen ja jälkeen kokeen, jotta saadaan selville, paljonko koe kulutti materiaalia säädetyn 40 metrin hankauksen aikana. Käytettyjen nappuloiden pitoisuudet olivat samat kuin edellä esitellyssä rasituskokeessa. Kuluminen ei välttämättä kulje lineaarisesti kovuuden muuttuessa, vaan pehmeä massa voi sitkeytensä vuoksi sietää pidempään hankausta, kuin hauras kova massa. (Hyvönen 2012.)

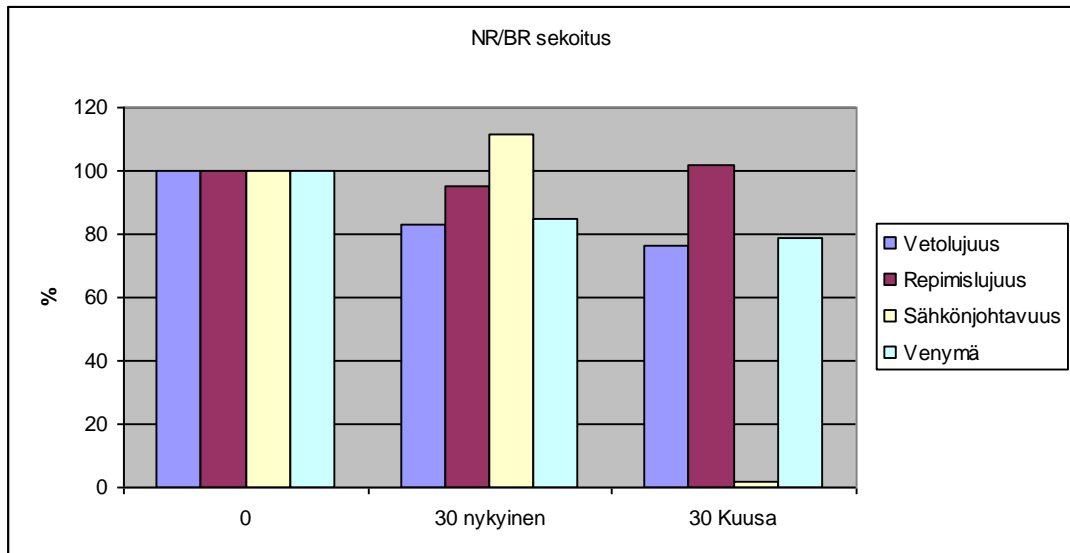


KUVA 8. Kuminäyte on asennettuna paikalleen kulutuskoetta varten

Kokeista saatujen mittaustulosten perusteella laadittiin kuvaajat joista näkyy regeneraation vaikutus kumiseoksen mekaanisiin ominaisuuksiin. Tulokset on esitetty kuvioissa 1 ja 2.



KUVIO 1. Regeneraatin vaikutus kumisekoituksen mekaanisiin ominaisuuksiin



KUVIO 2. Regeneraatin määrän vaikutus kumin ominaisuuksiin

Taulukoista havaitaan, että regeneraatin pitoisuuden ollessa noin 25 phr tai alle, lujuusominaisuudet eivät vielä merkittävästi muutu vetolujuuden pientä laskua lukuun ottamatta. Pitoisuuden kasvaessa seoksen mekaaniset ominaisuudet alkavat kärsiä, ja erityisesti DeMattia- koe osoittaa, ettei kappale kestä taivutusta juuri lainkaan. Positiivisena ilmiönä voidaan mainita kulutuskeston ja venymänkeston kasvun pitoisuuden ollessa noin 50 phr. Tämä tarkoittaa sitä, että regeneraattia käyttämällä kappaleelle saadaan tiettyä sitkeyttä, jolloin sen hankaukseen perustuva kuluminen vähenee selvästi. Tulosten perusteella voidaan rajata ne tuotteet, joiden valmistuksessa regeneroitua kumia voidaan käyttää käsittelemättömän kumin jatkeena. Päätökseen vaikuttaa valmiin tuotteen käyttökohde, sekä tuotteen valmistustapa. Erittäin vaativia olosuhteita kestävien tuotteiden valmistukseen seos tuskin soveltuu, mutta noussut kulutuksen kesto mahdollistaa seoksen käytön rankkaa hankaavaa kulutusta vaativissa tuotteissa. Esimerkkinä myllyvuorauskappaleet, joihin kohdistuu usein kivimateriaalin iskut ja lietteen kuluttava voima. (Kuusakoski 2012.)

4.4 Kumipuru

Yhteistyö Kuusakoski Oy:n kanssa alkoi vuoden 2010 joulukuussa, jolloin yrityksen testattavaksi tilattiin 1000 kg valmiiksi rouhittua kumipurua. Kumipurun valmistus on paljon energiaa vaativa prosessi, jossa syntyy paljon hengitykselle haitallista pölyä. Jauhatus tapahtuu yleensä sarjaan rakennetuissa myllyissä eri lämpötiloissa ja samalla

massasta poistetaan ylimääräinen materiaali, kuten vahvikekuidut. Menetelmästä riippuen syntyvän rakeen koko vaihtelee 1400 meshistä alle 75 meshiin. Raekoon pienentyessä valmistuskustannukset kasvavat, jolloin valmiin tuotteen hinta kasvaa. (Koljonen 2012.)

Lämpöjauhatuksessa kumijäte kulkee peräkkäisten valssien läpi ja syntyvän rakeen koko riippuu valssin välysten säädöstä. Valssaamalla tuotetaan yleensä partikkelikooltaan pientä, noin 40 meshin (n. 0,4 mm) suuruista materiaalia. Valmis jauhe on rosoista ja laadultaan erittäin homogeenista, kun ylimääräinen aines on poistettu siitä valssauksen aikana mm. pneumaattisesti ja magneettisesti (metallit). Toinen vaihtoehto on kumijätteen granulointi erilaisten terien avulla. Tällä menetelmällä lopputuotteen kokoa on helpompi säädellä ja partikkelikoko pysyy vakiona. (Koljonen 2012.)

Mikrovalssauksessa kumin jauhatus tapahtuu nesteessä (vesi) joka tuottaa pieni välyksisen valssin avulla todella pientä hiukkaskokoa. Jauhatuksen lisäksi kumia voidaan jatko käsitellä aktivoimalla sen pinta kemiallisesti. Aktivointi mahdollistaa kumin paremman tarttuvuuden käytettäessä sitä esimerkiksi neitseelliseen kumiin sekoitettuna. Aktivointi tapahtuu esimerkiksi purun pintaa hapettamalla, jolloin jatkossa käytettävien sideaineiden määrää voidaan vähentää. Käsitelyn jälkeen puru tarttuu aktiivisemmin ympäröiviin materiaaleihin, joka lisää purulle soveltuvien käyttökohteiden määrää entisestä. (Koljonen 2012.)

Käytännössä irtonaista purua sekoitetaan polyuretaanin kanssa sopivassa suhteessa, jonka jälkeen seos syötetään lämmitettävään muottiin. Lämmön vaikutuksesta massa kovettuu ja muotin jäähtyttyä valmis kappale voidaan poistaa. Valmiin kappaleen ominaisuuksiin vaikuttaa ennen kaikkea purun ja polyuretaanin sekoitussuhde, sekä käytetyn purun koostumus. Kuvassa 8 on esillä neljä erilaista koekappaletta, joissa näkyy seoksen komponenttien suhteen vaikutus massan koostumukseen. (Koljonen 2012.)



KUVA 8. Kumipurusta valmistettuja koekappaleita

Kappale 1 on valmistettu seoksesta, jonka pääkomponenttina on kumipuru. Kuvasta havaitaan kappaleen olevan hauraan näköinen, ja yksittäiset purun palaset erottuvat massasta. Käsiteltäessä kappaletta sen pystyy murtamaan käsin, eikä tällaiselle sekoitus-suhteelle ole varsinaista käyttöä. Kappale 2 on valmistettu edellistä suuremmalla polyuretaanipitoisuudella, mikä näkyy kuvassa tasaisempana pintana kappaleessa. Tämän kappaleen mahdollisuudet käytössä ovat jo edellistä laajemmat, mutta vielä lopullista tuotetta ei ole löydetty. (Koljonen 2012.)

Kuvan kolmas kappale poikkeaa hieman muista, sillä se koostuu tavallisen kumipurun sijaan liuskemaisesta kumisilpusta. Raemaisesta kumipurusta poiketen kierrätetty liuske on pehmeää ja ohutta, purua suurempaa kappaletta. Tämä näkyy kappaleen poikkeavana muita tiiviimpänä pintana. Koekappaleesta voi helposti havaita yksittäiset polyuretaaniin sekoitetut liuskat sekä muita tiiviimmän ja sileämmän ulkopinnan. Myös tämän seoksen voisi olettaa toimivan valmiissa tuotteessa vaatimuksista riippuen. (Koljonen 2012.)

Suurimmat haasteet kumipurun käytölle tuotannossa asettavat sen heikommat ominaisuudet sekä liian korkeaksi muodostuva hinta. Tällä hetkellä Teknikum Oy:n tuotannossa ei ole tuotetta, johon purua voisi käyttää, mutta tuotekehitys on käynnissä hankkeen edistämiseksi. Kumipurun ja polyuretaanin seos on valmiina tuotteena hauras ja hu-

koinen, joskin kevyt rakenteeltaan. Koska purua rouhitaan kierrätysmateriaaleista, ei valmiin tuotteen tarkasta kemiallisesta koostumuksesta voida mennä takuuseen. Tämä seikka rajoittaa mahdollisia käyttökohteita edelleen. Vastaavaa seosta käytetään mm. lasten leikkikenttien pohjana irrallisissa kumilaatoissa jo toimivana sovelluksena. Eräs mahdollisuus on valmistaa rouheesta laattoja tai kappaleita, joita käytettäisiin valmiin tuotteen sisällä täyteenä. Tässä tulee kuitenkin kaksi ongelmaa, valmiin tuotteen kestävyyttä ja lujuusominaisuuksia olisi mahdoton ennustaa, eikä hinta pysy riittävän alhaisena säästötekijäksi. (Koljonen 2012.)

Kumipururakenne on edullista, 25 senttiä kilolta. Seokseen vaadittavan uretaanin hinta on karkeasti 45 - 50 senttiä kilolta, jolloin seoksen yhteenlaskettu hinta olisi edelleen varsin kannattava. Hintaa nostavat kuitenkin merkittävästi ylimääräiset työvaiheet, joita purusta valmistetun valmiin tuotteen prosessointi vaatii. Lopputuloksena valmis tuote olisi kaikki kustannukset yhteenlaskettuna kalliimpi, kuin neitseellisestä kumista valmistettu vastaava tuote. Kuvassa 9 on nähtävissä kaksi koekappaletta eri polyuretaanipitoisuuksilla. (Koljonen 2012.)



KUVA 9. Kuvassa nähtävissä kumipurun koostumus ja polyuretaanin määrän vaikutus

5 POHDINTA

Kestävä kehitys, ympäristöystävällisyys sekä materiaalien entistä tehokkaampi kierrätys ovat jo tänä päivänä merkittävä osa monen yrityksen strategiaa ja arvomaailmaa. Tulevaisuudessa em. tekijöiden merkitys yritysmaailmassa kasvaa entisestään ja ekologisuudesta muodostuu uusi kilpailutekijä tuotemarkkinoille. Kiristynvä lainsäädäntö asettaa omat paineensa kierrätyksen parantamiseen, ja toisaalta kierrätysmateriaalien osuuden lisäämiseen tuotteessa suhteessa uuteen raaka-aineeseen.

Vuonna 2016 voimaan tuleva eloperäisen materiaalin kaatopaikkakielto lisää paineita kehittää kierrätysmateriaaleille uusia käyttökohteita ja vähentää syntyvän jätteen määrää. Tulevaisuuden näkymänä oletetaan kaiken muunkin tavalla tai toisella kierrätykseen kelpaavan materiaalin päätyminen kaatopaikoille estettävän joko lakipykälän tai kaatopaikkakuormia ankarammin sakottamalla. Samaan aikaan tapahtuvat asennemuutokset yhteiskunnassa lisäävät kierrätysmyönteisyyttä ja ekologisuudesta tulee yrityksille asiakaslähtöinen voimavara. Tulevaisuudessa ympäristöystävällisyys ajaa kilpailutilanteessa edullisen hinnan ohi, jolloin tarjouskilpailua ei enää voiteta edullisimmalla hinnalla, vaan vihreimmällä imagolla.

Teknikum Oy:ssä kierrätys on osana ympäristöpolitiikkaa ja erilaisia kierrätysratkaisuja tutkitaan ja kehitetään aktiivisesti ammattitaitoisen tuotekehitys-, ja laboratorio - osaston voimin. Yrityksen oman kumijätteen uusiokäytön haasteista johtuen vaihtoehdoksi onkin noussut ulkopuolelta hankitun kierrätyskumin käyttö tuotteiden raaka-aineena tuoreen materiaalin rinnalla tai lisänä, jolloin neitseellisen kumiraaka-aineen käyttö kokonaisuutena pieneni. Taloudellisesta näkökulmasta kiinnostusta herättää eri raaka-aineiden hinta, jolloin kierrätetyn materiaalin käytön tulisi olla neitseellistä materiaalia edullisempaa, eikä sen käsittely prosessissa saisi aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia.

Toistaiseksi useimpien ratkaisumallien tuotekehitys ja mahdollinen toteutus on hyvin varhaisessa vaiheessa, mutta niiden välillä voidaan suorittaa jonkinlaista vertailua. Kuu-sakoski Oy:n kanssa on käynnissä kaksi varsin erilaista yhteistyölinjaa, rengasjätteestä valmistetun kumirouheen käyttö tuotteessa polyuretaanin seoksena ja tuorein projekti, Devulkanoidun kumin käyttö kumiseoksen osana.

Yhteistyökokeilu Peatec Oy:n kanssa siirtyy toistaiseksi tulevaisuuteen toisen osapuolen teknisistä ongelmista johtuen. Kaikkiaan kokeilu vaikuttaa teoreettisella tasolla kuitenkin erittäin lupaavalta ja olisi toistaiseksi ainoa kehityslinja, jonka avulla yrityksen oma jätekumi saataisi ympäristöystävällisesti kierrätettyä nykyisen perinteinen energiapolton sijaan. Lisäksi yhteistyö Nowaste Oy:n kanssa jatkuu vulkanoimattoman kumin kierrätyksen osalta.

Tulevaisuudessa myös vulkanoimattoman kumin kierrätys voisi olla mahdollista siirtää Peatec Oy:n vastuulle, jolloin se käytettäisi pyrolyysikattilan polttoaineena vulkanoidun kumijätteen tavoin. Tämä muutos vaatisi jonkinlaisen lämpökaapin rakentamisen Peatec:n prosessiin, sillä nykyisellään erittäin tarttuvan vulkanoimattoman kumin käsittely ja kuljetus olisi hankalaa. Ongelma olisi kuitenkin helppo ratkaista, sillä käytännössä muutos vaatisi yksinkertaisen lämmitettävän kaapin lisäämisen tuotantolinjan alkuun ennen kattilaa. Muutoksesta ei myöskään aiheutuisi Peatecille juoksevia kustannuksia, sillä tälläkin hetkellä koemittakaavassa oleva laitos tuottaa ylimääräistä lämpöenergiaa, joka johdetaan tehdasalueen kaukolämpöverkoston. Kaukolämmön sijaan ylimääräinen energia olisi mahdollista johtaa lämpökaapin lämmitysjärjestelmään.

Kilpailuetuna muihin polttolaitoksiin verrattuna Peatec pystyisi käsittelemään laajemmin Teknikum kumijätettä, jolloin pienempi osa päätyisi kaatopaikalle. Tällä hetkellä esimerkiksi metalliprofiilin sisältävät palkit päätyvät hylkyjätteenä kaatopaikalle hankalan kierrätettävyytensä vuoksi. Ongelma olisi ratkaistavissa, sillä pyrolyysikattilan rakenne ei rajoita merkittävästi poltettavan materiaalin muotoa tai koostumusta, ja mm. palkit olisi mahdollista syöttää prosessiin käsittelemättöminä. Prosessi ei myöskään aseta vaatimuksia poltettavan tuotteen koolle, sillä yrityksen haketuslaitteella on mahdollista silputa suurimmat käytössä olevat raskaan laitteiston renkaat, kun taas pieni silppu on helppo ajaa kattilaan koskemattomana.

Tulevaisuuden näkymänä Peatecilla on laajentaa prosessissa käytettyä polttoainevalikoimaa niin, että mm. muovien hävitys sillä olisi mahdollista. Tässä tapauksessa Teknikum Oy:n muoviosaston tuotteet olisi myös mahdollista kierrättää tätä kautta. Todennäköisesti kasvavana tulevaisuuden yrityksenä Peatec Oy olisi Teknikumille positiivinen yhteistyökumppani vihreiden arvojen vuoksi. Yrityksen tulevaisuuden kilpailutekijät ovat prosessin negatiivinen hiilijalanjälki ja Suomessa toistaiseksi ainutlaatuinen tapa kierrättää jättemateriaaleja, jotka olisivat muuten hankalia käsitellä.

Ihanteellisessa tilanteessa yhteistyö kehittyisi taloudellisesti kannattavaksi toiminnaksi raaka-aine maksujen kautta. Tällä hetkellä Peatec Oy ei maksa saamastaan materiaalista korvausta sen tuottajalle, vaan hyöty muodostuu yrityksille ainoastaan ilmaisen jätteen hävitysmahdollisuuden kautta. Tämä on palvelun tarjoajalle optimaalinen tilanne, sillä prosessissa käytetty raaka-aine on täysin ilmaista, vaikka sen lopputuotteella on selvä rahallinen arvo. Yrityksen kasvaessa olisi oleellista ottaa huomioon mahdollisuus, jossa kierrätyskumille määriteltäisi kilohinta.

Alimmillaan korvauksen tulisi kattaa kuljetuskustannukset, jotka ovat tällä hetkellä asiakkaan vastuulla. Hankkeen kehittyessä nimellisen korvauksen sijaan asiakkaalla olisi mahdollisuus tehdä jätteellä voittoa toimituserien koosta ja tavarankuudasta riippuen. Toistaiseksi tämän kaltainen mahdollisuus on kaukana tulevaisuudessa, mutta toteutuessaan se muuttaisi jätteen rasitteesta kauppatavaraksi ja motivoisi kannattavuudellaan tehostamaan kierrätystä yrityksen sisällä.

Kuusakoski Oy:n valmistama kumipuru on tuotekehityksessä todettu teknisesti toimivaksi materiaaliksi, mutta sen käyttöön soveltuvan tuotteen kehitys aiheuttaa haasteita. Polyuretaani- puruseos ei vastaa mekaanisilta ominaisuuksiltaan neitseellisestä kumista valmistettua tuotetta, kuten edellä on todettu. Tämä rajaa mahdollisten käyttökohteiden valikoimaa kuten myös se tekijä, että rouhitun kumin kemiallista koostumusta on mahdoton jäljittää tarkkaan, toisin kuin uuden seoksen kemikaalipitoisuudet.

Kokeilu, jossa purusta ja polyuretaanista muotissa valmistettuja suorakaiteen muotoisia kappaleita käytetään uuden tuotteen täytteenä valamalla päälle uutta kumimassaa, osoitti tekniikan olevan lopulta kallis. Menetelmällä valmistetun tuotteen hinta muodostui perinteisesti valmistettua tuotetta suuremmaksi ylimääräisten työvaiheiden vuoksi. Toimivan tuotteen tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen ja vaatimustason matala kustan-

nuksien pitämiseksi kilpailukykyisinä. Kumista on mahdollista jauhaa myös niin hienoa jauhetta, että se käyttäytyy raakakumimassassa normaalin kumin tavoin. Kumin jauhaaminen näin hienoksi on kuitenkin kallis prosessi, jolloin valmis jauhe ei pysy kilpailemaan hinnassa uuden kumin kanssa.

Kierrätyskumista joko osittain tai kokonaan valmistettuja tuotteita löytyy laaja valikoima, johon kuuluu mm. voimistelumattoja, suoja-aitoja, äänieristelaattoja, eristekappaleita, miesluukkujen reunustoja ja erilaisia pyöriä. Tällaiset tuotteet ovat hinnaltaan kilpailukykyisiä, minkä mahdollistavat yleensä edulliset tuotantokustannukset. Kustannusten minimointi perustuu erityisesti suuremmilla yhtiöillä tuotannon siirtämiseen mm. Aasian maihin, joissa työvoima-, ja energiakustannukset ovat vain murto osan Suomen vastaavista.

Valmiin tuotteen ekologisuus ei pelkästään riitä kriteeriksi kierrätysmateriaalin käytölle, vaan valmistuksen täytyy olla taloudellisesti kannattavaa. Raakakumi maksaa noin 3,5 euroa kilo ja erikoiskumeilla hinta on paljon korkeampi. Kierrätysmateriaalin, kuten kumipurun hinta on paljon matalampi, noin 25 senttiä kilo. Puruun lisättävän polyuretaanin kanssa kustannus on hieman alle euron, noin 75 senttiä kilo. Materiaalin työstöstä aiheutuvien lisäkustannusten vuoksi lopputuotteen hinta kilpailukykyinen perinteisesti valmistun tuotteen kanssa. Pitkällä tähtäimellä prosessin muuntaminen toimivammaksi kumipurun käyttöä silmällä pitäen saattaisi olla kannattavaa. Tämä vaatisi kuitenkin merkittäviä investointeja sekä osittain erittäin vanhan laitekannan perusteellista uusimista. Toistaiseksi tähän ryhtymistä ei pidetä järkevänä toimenpiteenä, mutta tulevaisuuden kannalta se kannattaa ottaa huomioon yrityksen tuotekehityksessä.

LÄHTEET

Aluehallintoviraston ympäristölupapäätös Nro 44/2011/1

CWC Group. Experts in gas, oil and infrastructure. Luettu 12.11.2012.
http://www.cwc.org/tire_bp/t_bp_pdf/T2-04-01.PDF

De Mattia. Luettu 3.12.2012.
<http://www.worldoftest.com/demattia.htm>

Etälukio. Kemia. Luettu 12.11.2012.
<http://www02.ooph.fi/etalukio/opiskelumodulit/kemia/kemia2/rikki.html>

Hyvönen, M. 2012. Haastattelu 24.11.2012. Haastattelija Aaltonen, K. Teknikum Oy.

Höök, T. polymeerimateriaalit. Injection moulding. Luettu 5.10.2012.
http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould_injmoulding_materials_FI.pdf

Jätelaki. Luettu 16.10.2012.
[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646?search\[type\]=pika&search\[pika\]=j%C3%A4telaki](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646?search[type]=pika&search[pika]=j%C3%A4telaki)

Koljonen, J. 2012. Haastattelu 15.11.2012. Haastattelija Aaltonen, K. Teknikum Oy.

Koskela. TKK. Pyrolyysi. Luettu 21.10.2012.
http://tfy.tkk.fi/aes/AES/courses/crspages/Tfy-56.170_06/7_koskela1.pdf

Kumialan erikoisseminaari 2003 Tampereen teknillinen yliopisto opintomateriaali

Kumin ja Suomen kumiteollisuuden historia.
Palo-oja, Wilberg, 1998. KUMI. Kumin ja Suomen kumiteollisuuden historia. 177.

Kumiteknologian perusteet.
Suomen kumitekninen yhdistys ry. 1989. Kumiteknologian peruskurssi. 6-7.

Motiva. Bioenergia ja uusiutuvat energialähteet. Luettu 8.11.2012.
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/biopolttoaineiden_lamp_oarvoja

Nowaste Oy. Kumin kierrätystä. Luettu 3.11.2012.
<http://www.nowaste.fi/>

Peatec Oy. Pyrolyysilaitos. Luettu 12.10.2012.
<http://www.peatec.eu/>

SITA. Ympäristönhuolto. Luettu 3.10.2012.
<http://www.sita.fi/energiajate1>

Rantanen, J. VTT. Jätteiden energiakäyttö. Luettu 8.11.2012.
http://virtual.vtt.fi/virtual/waste/tiiv_t2uusi.htm

Tutorial Online. 2012. Tiatsoli. Luettu 12.11.2012.
<http://articles.tutorialonline.biz/portal/language-fi/Tiatsoli>